futuro
Suplemento de ciencias de **Página/12**
Año 16 / N° 862 | 24 . 09 . 2005



POR PABLO WAINSCHENKER

CAFE CIENTIFICO: SIMULACIONES Y REALIDAD VIRTUAL

Un mundo feliz

Galaxias lejanas engarzadas en choques histriónicos, proteínas de forma desconocida para el ojo desnudo, huracanes alocados y amos de la destrucción: cada vez más y cada vez mejor, las computadoras del mundo relucen su capacidad casi poética de simular los fenómenos más diversos creando a su paso nuevos mundos, carentes de materia pero plenos de formas, para anticipar, describir y predecir con más ahínco aquel reino tan vago, complejo y caótico llamado realidad.

"Aparentar, fingir, hacer parecer que existe u ocurre una cosa que no existe o no ocurre." Así define el diccionario *María Moliner* el verbo "simular". ¿Qué sentido puede tener, en el campo de la ciencia, imitar la realidad? ¿Es posible que un conjunto interminable de números resulte interesante para un meteorólogo, un astrónomo y para un constructor de aviones y edificios? Según parece, sí: cada vez más investigadores en todo el mundo se encargan de imitar en computadoras una inmensa gama de sucesos intrincados y que muchas veces escapan al ojo desnudo: desde pequeños movimientos de partículas hasta grandes catástrofes naturales, para observar, describir, explicar y predecir los fenómenos diarios del mundo circundante.

El martes pasado se realizó el séptimo Café Científico del año, ciclo organizado por el Planetario Galileo Galilei en La Casona del Teatro (Av. Corrientes 1979). Allí los licenciados en Ciencias de la Computación Diego Fernández Slezak, Pablo Turjanski y Juan Pablo Suárez del Departamento de Computación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, se adentraron en un mundo en el que sólo la fe diferencia una computadora de una pecera.

El próximo encuentro, con el título "Cine y ciencia: cuando la ficción choca con la realidad" tendrá lugar el 18 de octubre a las 18.30, en el mismo sitio. Gratis.

INSTRUCCIONES PARA ESTRELLAR UN AVION

Pablo Turjanski: Simular es representar algo fingiendo o imitando lo que no es. Con esta definición de diccionario, el asunto no parece quedar demasiado claro. Entonces, vayamos a ejemplos: se puede simular un choque de galaxias, como hizo un grupo de científicos con la "Galaxia del Ratón" a partir de una imagen tomada con el telescopio Hubble. Otra simulación es la que se puede hacer sobre el origen de un tornado.

Diego Fernández Slezak: Cuando se produjeron los atentados contra las Torres Gemelas en Nueva York, en septiembre de 2001, hubo también un ataque contra el edificio del Pentágono. Hubo diversas teorías al respecto: que había sido un auto-bomba, que había chocado un avión y otras posibilidades más. Un grupo de investigadores se dedicó a trabajar en el tema y desarrolló una simulación completa del supuesto choque del avión contra el Pentágono. ¿Cómo se hace esto? Para modelar el avión, se toman formas conocidas (pirámides, conos, cilindros) que uno sabe cómo rotarlas, cómo acelerarlas y cómo dibujarlas. Al juntar estas formas se puede ir creando un avión o las columnas de un edificio. Lo que se hace luego es analizar por separado cada una de las figuras utilizadas y ver cómo actúan cuando chocan con las columnas del edificio para poder analizar hacia dónde va a salir disparado cada pedacito a medida que va chocando con los otros trocitos que se modelan. Como este trabajo no era un juego o una simulación científica básica sino que formaba parte de una causa judicial, arriba de la forma geométrica imitada se "pegó" una imagen para que se pareciera lo máximo posible a la realidad (aunque cuando uno realiza una simulación no trabaja con imágenes reales sino con figuras geométricas básicas). Hay distintos métodos para resolver esto, uno de ellos se llama "elementos finitos" y es el que se utilizó en el caso de la simulación del Pentágono. El informe obtenido parece explicar bastante bien cómo pegó el avión (incluso se estableció el ángulo con el que la nave habría chocado contra el edificio). Las propiedades de los elementos son muchas y al hacer la simulación se tiene en cuenta cuánta masa tienen, cuán resistentes son los trozos, cómo están unidos, cuál es su elasticidad y otros datos más. El resultado es una serie inentendible de números, que luego se trata de alguna manera para poder verlo. Siempre el grado de detalle de la simulación depende de lo que se esté buscando. En el caso del Pentágono, interesaba ver si el daño que se veía en las fotos realmente podía haber sido producido por un avión.

PASO A PASO

P. T.: ¿Cómo se hace una simulación? Para empezar hace falta un problema que queramos estudiar; puede ser cómo extraer petróleo en una plataforma, ver qué temperatura exterior tiene un trasbordador espacial u otra cosa. Una vez que sabemos qué pretendemos simular, planteamos un modelo matemático que represente qué queremos obtener. Obtenido el modelo matemático, hay que empezar a hacer las cuentas y para esto a veces hace falta más de una computadora. Los cálculos darán resultados con los que verificaremos si lo que dice la computadora sucede en la realidad. Así se puede predecir y controlar algunos fenómenos. Veamos alguna simulación que se hace en el país.

D. F. S.: La electrodeposición consiste en poner dos cables (uno del lado izquierdo y uno de lado derecho) y aplicar electricidad. Entre >>>

>>> ambos cables hay agua destilada que tiene partículas de cobre o zinc, como si fuera cable picado. Al recibir electricidad, las partículas empiezan a moverse y se acercan de un lado hacia el otro, pero no lo hacen de cualquier manera sino que de acuerdo a cuánta cantidad de partículas se utilice, el metal se va a mover más rápido o más lento. Además, de un lado el cable se va a disolver lentamente y del otro ocurre lo contrario: las partículas que se disolvieron de un lado se van a "pegar" formando ramas más o menos densas. Hasta aquí sólo tenemos un experimento de laboratorio que luego se va a querer simular. ¿Cuál puede ser un interés en simular esto? Los motivos son muchos: por simple amor a la ciencia, ya que a nosotros nos gusta la física y haremos lo posible por simular cualquier cosa; la otra razón es que esto se usa para realizar soldaduras muy pequeñas y si uno logra controlar cómo van a crecer las ramitas de cobre se puede tener un control total sobre estas micro soldaduras que hoy en día se emplean muchísimo. Existe un método para cromar llaves que consiste en sumergirla en una solución de metales a la que se aplica electricidad; se trata de un fenómeno muy similar al que estamos describiendo y gracias a la simulación uno puede armar aparatos que permitan tener tanto control como para utilizarlos en serio y no simplemente por placer.

Como acabamos de describir el problema, pasamos ahora al modelo matemático que estará formado por muchas ecuaciones muy feas. Lo interesante es que está demostrado matemáticamente que estas ecuaciones no tienen solución en papel y lápiz, es decir que no existe ninguna función matemática que responda a todas estas ecuaciones. Lo que encontramos, en cambio, es que hay algunos números que sí las cumplen y aquí comienza el camino de hormiga para encontrar aquellos números que den resultado y que permitan llegan a alguna conclusión sobre cómo funciona el fenómeno que estamos estudiando. Este trabajo de hormiga es el que va a realizar la computación y nosotros somos los encargados de decirle a la computadora qué tiene que hacer. Básicamente, le vamos a decir: "Probá desde tal número hasta tal otro", para que la computadora vaya chequeando con cada número y a medida que vaya encontrando soluciones que son válidas las irá eligiendo. Luego nosotros deberemos pasar todas las posibles soluciones que nos dio la computadora a un gráfico que alguien pueda entender y que sirva para algo. Cien millones de números seguidos no nos dicen nada, pero en cambio un dibujo donde uno muestra las velocidades en cada uno de los puntos permite ver cómo se mueven las partículas.

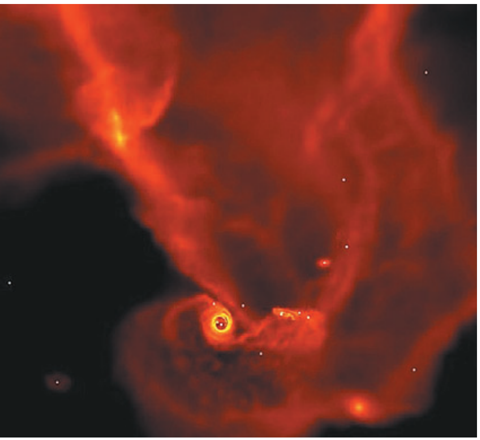

DIEGO FERNANDEZ SLEZAK, PABLO TURJANSKI Y J.P. SUAREZ REVELARON EL NUEVO MUNDO DE LAS SIMULACIONES.

Muchas veces los problemas son tan grandes que una computadora sola no los puede resolver y entonces puede pasar que nos compremos la mejor computadora que se consigue en el país, que nos pasemos dos semanas armando el modelo matemático y que cuando le pidamos que saque las cuentas nos diga "faltan 16.000 millones de años para que termine". Para resolver ese problema se utilizan muchas computadoras agrupadas en centros que están ubicados en distintas partes del mundo como China, Australia y Estados Unidos. Las máquinas colaboran entre sí para resolver un mismo problema. Por ejemplo: hay una supercomputadora japonesa llamada "Earth Simulator" ("Simulador Terrestre") creada hace cinco años para simular terremotos y actividad volcánica. Esta supermáquina hace un trabajo similar al de una gran cantidad de computadoras conectadas entre sí que trabajan en colaboración para solucionar un problema.

Una vez que obtenemos los resultados, volvemos al problema real para ver si el dibujo al que llegamos es correcto. Muchas veces ocurre que el gráfico que surge de los resultados que nos dio el conjunto de computadoras está muy mal, y muchas otras veces surgen cosas extrañas que parecieran estar mal, pero al probarlas en un experimento se comprueba que estaban bien. En definitiva, el resultado que uno obtiene con la simulación no es verdadero ni falso: hay que chequearlo; hay que ir al experimento y ver si anda o no.

QUE NO SE CORTE

Diego Fernández Slezak (*continúa*): Otro ejemplo de simulaciones que se realizan en Argentina tienen que ver con el satélite Saocom, que está siendo armado en Argentina y servirá para medir salinidad del agua, temperatura terrestre y otros valores que permiten prever accidentes y estudiar cambios climáticos. Este satélite está siendo construido en Invap, empresa estatal ubicada en Bariloche que también construyó la serie de satélites SAC. Para estos desarrollos, Invap pidió ayuda a la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), que se encargó de armar unos paneles solares. Antes de construir los paneles, un grupo de la CNEA se encargó de simular el funcionamiento de las celdas solares y de todo el sistema eléctrico del satélite para saber, por ejemplo, si el panel solar era suficiente para el equipamiento del satélite, es decir, algo tan sencillo como preguntarse ¿me alcanzará la electricidad? Como el satélite da vueltas alrededor de la Tierra, en algún momento entra en sombra y es entonces cuando las baterías empiezan a funcionar. Si estamos, por ejemplo, midiendo el nivel de sal en el Océano Pacífico, debemos estar seguros de que el equipo siga funcionando, si no el satélite no servirá para nada. La simulación permite, en este caso, predecir –teniendo en cuenta la distribución de los paneles, el ángulo con el que llega el sol y demás factores– si la energía será suficiente. ¿Por qué se simula? Porque los proyectos cuestan millones de pesos y uno no puede estar tirando satélites al cielo y arriesgarse a que funcionen mal. Todo el desarrollo del satélite se hizo en Argentina, salvo las celdas propiamente dichas, que se importaron desde Italia y Estados Unidos.


SIMULACION DEL NACIMIENTO DE UNA ESTRELLA.

Juan Pablo Suárez: Para poder lograr las simulaciones hace falta realizar muchos cálculos y para ello usamos supercomputadoras que podrían llamarse caseras porque los componentes que forman cada nodo pueden conseguirse en el mercado. En este momento hay en Argentina un proyecto de esta clase de supermáquinas (llamado de "cluster dedicado") formado por más de 100 procesadores. La primera computadora de este tipo en el país, Clementina 1, fue creada en 1961 e implicó una innovación científica de gran importancia, mientras que la segunda fue Clementina 2 y se desarrolló en 1999. Nosotros aprovechamos los recursos de la universidad: tenemos seis laboratorios de computación interconectados que poseen en conjunto 70 máquinas administradas de forma remota gracias a un paquete de programas gratuitos. Así, las tareas se ejecutan durante la noche mientras los laboratorios están cerrados y cuando llegamos al otro día, los resultados están ahí, esperándonos. La facultad está bastante bien equipada: uno de los clusters se llama "Hope", está formado por 16 computadoras de última generación que permiten hacer simulaciones de Astronomía a los miembros del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE); hay otro cluster que se llama "Bocha", pertenece al Departamento de Física y tiene 40 computadoras; y el otro cluster es el de un laboratorio de la facultad y posee 16 máquinas. Tenemos una fuerte colaboración nacional a través de proyectos y becas, mientras que, a pulmón y por iniciativa propia, intentamos lograr colaboración internacional. Como resultado hay proyectos nacionales para interconectar nuestros equipos con los de otros países. Uno de los más importantes se llama "Grid computing" que es un concepto que implica utilizar todos los recursos del mundo.

D. F. S.: Esto permite que gente de Argentina a la que no le alcanzan las computadoras para simular y obtener los resultados que necesitan pueda utilizar recursos de Estados Unidos. Es muy complicada la parte de mandar y recibir la información, y ellos claramente hacen robo de información, pero esos son los riesgos normales que uno corre cuando empieza a compartir información y le pide favores al resto.


SIMULACION DE ADN Y UNA ENZIMA.

LA MAQUINA DE DIVIDIR POR CERO

–¿Son confiables las simulaciones meteorológicas?

D. F. S.: Hay resultados matemáticos que afirman que no se puede conocer la respuesta a la pregunta "¿Va a llover dentro de dos semanas?". Es tan complicado, tan complejo y tan azaroso, que no se puede saber. Cuando uno habla de simulaciones meteorológicas debe tener en cuenta que sirven más para obtener propiedades generales que para predecir casos puntuales como el huracán Katrina. La imposibilidad de predecir más allá de una escasa cantidad de días es algo matemático e independiente del poder de cómputo que tengas. Lo que podemos saber mediante una simulación es cómo se forma un tornado, pero no nos permite decir "en tal lugar, tal día va a haber un tornado".

–¿Se puede simular el tipo de daño que producirían maremotos o terremotos?

D. F. S.: Eso sí se puede, porque cuando uno trabaja con simulación y quiere saber qué pasa si un río sube de nivel dos metros, si bien uno no puede predecir el comportamiento humano, la estadística permite asumir que la gran mayoría se va a comportar de determinada forma. Entonces, en líneas generales uno podría llegar a predecir cómo van a actuar los habitantes de una ciudad frente a la catástrofe. Las predicciones no pueden ser tomadas como algo exacto, pero pueden llegar a dar ideas y buenos resultados. Si la estadística indica qué ruta toma la mayoría de los habitantes, se puede plantear la construcción de un nuevo camino en el mismo sentido.

–¿Qué tan confiables son las simulaciones?

D. F. S.: Las empresas las tienen cada vez más en cuenta. Hace unos diez años, Intel (famosa fábrica de computadoras) sacó al mercado un procesador que, a veces, dividía por cero. A partir de ese momento, la empresa estableció una política según la cual una vez que se tiene diseñado un nuevo procesador se hace una simulación para ponerlo a prueba y evitar que haya errores. Hay un montón de ejemplos de este tipo en los que se usan simulaciones para tratar de contrastar lo que uno va haciendo experimentalmente. Algunas personas sostienen que las simulaciones que no se realizan por computadora son más aceptables que las que surgen de la computación, pero yo creo que ambas son igualmente verdaderas o falsas. Es casi una cuestión de fe.

LIBROS Y PUBLICACIONES

FOSILES, GENES Y TEORIAS
Diccionario heterodoxo de la evolución
Jordi Agustí
Ed. Tusquets, 270 págs.

A 136 años de la publicación de *El origen de las especies* de Charles Darwin, la evolución –como teoría y como hecho– sigue más actual que nunca. No sólo por su presencia inherente en el correr de la historia sino también (y lamentablemente) por los continuos esfuerzos por bajarla del panteón de hechos incuestionables, esfuerzos ejercidos por la derecha cristiana norteamericana que tiñe el escenario de dudas (inexistentes) e introduce teorías como la del "diseño inteligente" con un propósito más político que científico: lavar los cerebros de niños y niñas a partir de una nueva pedagogía escolar.

Por eso un libro directo y claro sobre la riqueza explicativa de esta teoría, un libro que haga desvanecer los fantasmas que algunos quieren echarle encima, es más que bienvenido. Y mejor si se trata de un diccionario temático, centrado en comunicar lo justo y preciso de cada término-entrada, lo suficiente como para tener una idea clara de qué se trata cuando se habla de evolución.

Pese a que no agrega nada nuevo en la explicación de cada concepto, la fuerza de *Fósiles, genes y teorías* del paleontólogo español Jordi Agustí reside más en ser un libro de consulta ante la duda que siempre surge, tanto en el experto como en el lego. Como advierte el también paleontólogo Juan Luis Arsuaga desde el prefacio, *Fósiles...* ante todo es un diccionario personal: carece de la autoridad máxima, casi incuestionable, que ostentan los libros de este tipo (el *Diccionario de la Real Academia Española*, la *Encyclopedia Britannica*, por ejemplo), pero es justamente ese toque propio lo que lo hace interesante ya que entre entrada y entrada, aporta un panorama completo de la teoría de la evolución, en fin, una mirada general –diacrónica y sincrónica– que tanto falta en la particularidad de los descubrimientos científicos.

En el campo de la teoría darwinista, las direcciones para abordar el tema son múltiples. La razón es simple: en *la* teoría de la evolución anidan ideas en choque, escuelas que compiten y las muchas interpretaciones que sufrieron con el tiempo los fósiles, huellas-testimonios de los 3800 millones de años de cambio constante en la biosfera. Si bien Agustí se centra en primates y homínidos (y en su respectiva diversificación), no deja de lado los conceptos relacionados con los mecanismos y modelos del proceso evolutivo: "adaptación", "Archaeopteryx", "azar", "creacionismo", "equilibrios puntuados", "especie", "evolución", "Eva mitocondrial", o "extensión", son algunos de los conceptos que el autor elige y aborda en un intento interesante y curioso para explicar ni más ni menos algo tan extenso y rico como la historia de la vida.

F. K.

AGENDA CIENTIFICA

LA CIENCIA FICCION ESTA DE FIESTA
Mañana a partir de las 18 la revista *Axxón, Ciencia ficción en bits* (*http://axxon.com.ar*), el principal órgano de difusión de la ciencia ficción en español de todo el mundo, festejará su 16º aniversario en la Asociación Argentina de Go, Paraguay 1858, 2º piso, Capital Federal. Informes: *http//axxon.com.ar.*

futuro@pagina12.com.ar

DEBATE: ¿LA MEDICINA HOMEOPATICA ES CIENTIFICA?

La historia sin fin

POR SERGIO DI NUCCI

A medida que la ciencia se aleja de las personas de carne y hueso, cada vez se ve más contestada y suplantada por métodos anticientíficos. Porque la homeopatía se cuenta entre los métodos anticientíficos más populosos y populares, resulta, por eso mismo, uno de los más peligrosos para la salud pública. A esta conclusión ha llegado, con la debida nota alarmista, una investigación de estudiosos suizos e ingleses que reproduce la reputada publicación médica *The Lancet*. El estudio asegura que los remedios homeopáticos carecen de reales poderes curativos. O que en todo caso los efectos que éstos generan son imperceptibles desde el punto de vista científico. No es nueva la equiparación de los efectos de la homeopatía a los del placebo. Sí lo es, en cambio, la radicalidad con que los investigadores divulgaron la noticia entre los medios mundiales más influyentes. Es que uno de los autores del estudio es Matthias Egger, quien en noviembre de 2004 había denunciado, también desde las páginas de *The Lancet*, los efectos adversos del anti-inflamatorio Vioxx, que hoy les hacen ganar juicios multimillonarios contra el laboratorio a los familiares de las víctimas mortales.

El estudio había sido encomendado por el organismo oficial de Salud Pública suizo para decidir si los tratamientos homeopáticos debían formar parte del catálogo de su "oferta" terapéutica. El país, a contrapelo de Europa, decidió no incluirlos. O integrarlos a otro nivel de terapias. Si ahora se acepta que los resultados de la homeopatía contradicen los estándares básicos de la ciencia médica, ellos encontrarían sin embargo su lugar en el plano de la psicología humana.

NO PASARAN

Egger y sus colaboradores analizaron 110 estudios clínicos en los que se aplicaron alternativamente placebos y tratamientos homeopáticos para enfermedades respiratorias, para distintos tipos de alergias, para problemas musculares y para otras patologías que imponen intervenciones anestesiológicas. Luego se comparó la eficacia de los tratamientos con placebo respecto de los tratamientos convencionales. Hay que agregar que los casos clínicos seleccionados comprendían desde aquellos de modestas dimensiones hasta otros de mayor entidad científica y metodológica. El resultado al que llegaron los investigadores es que los efectos del tratamiento homeopático y los del tratamiento convencional terminaban mostrando cierta eficacia en los casos clínicos menores. Pero al focalizar sobre los de mayor gravedad e importancia, la homeopatía no producía efectos o, si se quiere, los mismos efectos y valores que el placebo, mientras que los tratamientos convencionales sí tendieron a mostrar registros, o registros notablemente más contundentes a los del "fármaco simulado".

Desde luego, los resultados del estudio han sido recibidos con escepticismo por parte de los principales referentes de la comunidad homeopática. La reducción de los efectos de la homeopatía a simple placebo ha coloreado una historia de denuncias contra esta disciplina que para sus defensores es ciencia, con todas las letras. Una de las objeciones al estudio suizo/británico alega que este genera conclusiones artificiales porque parte de condiciones artificiales, es decir, de laboratorio. Y lo que importa, para la homeopatía, no son ciertos valores de registros surgidos en el examen químico sino el resultado al final del camino que impone el tratamiento. Para los homeópatas, el estudio parte de una ignorancia fundamental: la de que uno de los principios de la disciplina homeopática es la sistematicidad "óntica" del tratamiento, en el que el homeópata juega por supuesto un rol fundamental e intransferible.

Silvio Garattini, del Instituto Mario Negri de Milán, aseguró que "el estudio en *Lancet* representa la enésima confirmación de tantos otros trabajos científicos que se han acumulado a lo largo del tiempo y que no han podido evidenciar la eficacia de la homeopatía". Y sin embargo la homeopatía no ha dejado de crecer a lo largo de todo este tiempo, desde clínicas especializadas en los países del primer, segundo y tercer mundo hasta todo tipo de productos homeopáticos que se pueden adquirir hasta en los almacenes de barrio. En 2002, el ilusionista norteamericano James Randi ofreció un millón de dólares para aquel que fuese capaz de distinguir el contenido de cinco ampollas de productos homeopáticos sin etiqueta. Como nadie hasta el momento pudo ganarlo, Garrattini se pregunta: "¿Y por qué estos productos indistinguibles pueden ser vendidos como distintos unos de los otros y como dotados de una supuesta eficacia?".

PLACEBO EN GOTAS

En Inglaterra, donde la homeopatía forma parte del Servicio de Salud Nacional y el fervor homeopático crece día a día, actualmente se debate si el médico de cabecera debe asumir la responsabilidad de informar a sus pacientes sobre los resultados de este estudio. *The Lancet*, no sin alarmismo, afirma que el tiempo para más estudios se ha terminado y que los médicos deben ser honestos con sus pacientes acerca de la ausencia de beneficios que arroja la homeopatía. Por supuesto, añade el profesor Egger, "reconocemos que probar un negativo es imposible. Pero los estudios sobre la homeopatía no mostraron diferencias entre el placebo y el remedio homeopático, mientras que en el caso de las medicinas convencionales se pueden ver efectos".

Desde la Asociación de Homeópatas en Inglaterra se dijo que, por el contrario, la Organización Mundial de la Salud ha aceptado los numerosos estudios que en los últimos cuarenta años demostraron que los efectos homeopáticos, en el hombre y en los animales, son superiores al placebo. Y ante las críticas, los defensores de la homeopatía cuentan, como refutación, el incremento del fervor homeopático en Inglaterra y en el mundo. El éxito, o el tiempo, lo prueban todo. Y finalmente, en nuestro incierto siglo XXI, ¿qué corazón de piedra obstinadamente iluminista es lo suficientemente cruel como para asegurarle a la abuela que su alergia cutánea no fue curada por ese frasquito homeopático con nombre vagamente latino?

FINAL DE JUEGO

Donde se sigue con el enigma de los poliedros y se menciona el infinito.

POR LEONARDO MOLEDO

–Todos contestaron sobre los poliedros, aunque nadie dijo por qué hay solamente cinco –dijo el Comisario Inspector–. Es notable la sutileza de Orlando Affini que sostiene que son infinitos y propone un enigma, que dejamos a nuestros lectores:

"Como parece que está de moda proponer preguntas a los lectores, aquí va un pequeño enigma: un prisionero está en una celda con dos puertas, una conduce a la libertad y la otra al cadalso; en cada puerta hay un guardia, uno de los cuales siempre dice la verdad y el otro siempre miente (no sabemos cuál puerta custodia el veraz ni cuál el mentiroso). El prisionero debe elegir una salida luego de hacer UNA SOLA PREGUNTA, obviamente a un solo guardia. El enigma es ¿Qué pregunta puede hacer para saber cuál es la ansiada puerta hacia su libertad?

¿Qué piensan nuestros lectores? ¿Qué pregunta tiene que hacer? ¿Y por qué Orlando Affini incluye el número de su DNI en sus cartas?

Correo de lectores

INFINITOS

En principio, se pueden construir infinitos poliedros regulares, porque podemos construir infinitos tetraedros; que serán diferentes con solo variar su tamaño (su material, su color, o, según convengamos, su lugar en el espacio); con la única limitación del límite del Universo. O podemos decir que sería imposible construir un cuerpo cuyas caras nos salgan exactamente iguales.

Ahora, hablando en serio; definido "poliedro regular" como aquel cuyas caras son todas iguales; queda claro que podemos concebir infinitas 'clases' de poliedros regulares, con solo "pegar por sus bases" dos pirámides cuyas bases sean cada uno de los polígonos regulares mencionados en el último párrafo del problema; y sus caras triángulos isósceles todos igualitos. En ese caso, tendremos poliedros con caras iguales (congruentes) pero ángulos diferentes (al menos los ángulos diedros formados en el "ecuador" por las bases de las caras triangulares serán distintos a los otros ángulos diedros); por supuesto con la honrosa excepción del OCTAEDRO, poliedro de ocho caras que son triángulos equiláteros. Y esto nos recuerda la definición clásica de "poliedro regular" (aquel cuyas caras son polígonos regulares iguales concurriendo el mismo número de caras a cada vértice) y de los que conozco sólo cinco.

Fuertes y cordiales abrazos
DNI 13.359.634

Orlando Osmar Affini

SOLO CINCO

Son 5:
1) Tetraedro
2) Hexaedro o cubo
3) Dodecaedro
4) Octaedro
5) Icosaedro

Roberto y Valeria Ochoa